

УТОМЛЕНИЕ И ВОССТАНОВЛЕНИЕ В СИСТЕМЕ ТРЕНИРОВОЧНОГО ПРОЦЕССА СПОРТСМЕНОВ (ТЕОРИЯ ОБРАТИМОСТИ)

Пугач Ярославна Игоревна, Друзь Валерий Анатлиевич,
Ефременко Андрей Николаевич, Соколова Татьяна Евгениевна
Харьковская государственная академия физической культуры, Нижевская Татьяна
Викторовна, Мирошниченко Валерий Иванович Харьковский национальный педагогический
университет им. Г.С. Сковороды (Харьков, Украина)

Введение. Изучению процессов утомления посвящено исключительно большое количество научных публикаций [1; 2; 3; 4; 5]. На каждом уровне организации рассматриваемые механизмы протекаемого процесса утомления были глубоко исследованы, установлены причины которые определяют его возникновение и механизмы, обеспечивающие восстановление исходного состояния. Различные уровни организации, на которых определялись эти взаимоотношения и отличия детализации наблюдаемых процессов, объединенных под общим понятием «утомление», долгое время не позволяли осознать и построить интегральную долевую значимость взаимообусловленности этого явления на уровне целостного организма. Сущность такого состояния вопроса заключалась в том, что кроме учета регуляции значимости долевого участия вскрытых механизмов утомления необходимо было учитывать их зависимость от интенсивности выполняемой работы, ее кинематических характеристик и длительности выполнения.

Сложность изучаемого процесса утомления состояла так же в том, что он рассматривался и трактовался в различные периоды времени в терминах «утомление» с позиций двух взаимодополняющих теорий самоорганизующихся систем Л. Берталанффи, П.К. Анохина [6; 7; 8] и в последующем в появившейся синергетической теории [9; 10].

Наличие методов компьютерного моделирования, разработанных интеллектуальных компьютерных систем [11; 12], которые находят широкое применение в области исследования процесса утомления и восстановления дали возможность разработать метод динамического моделирования в спорте. Он позволяет, на основе установленных закономерностей протекания изучаемых явлений, перейти к построению опережающего прогнозирования их развития [13; 14; 15]. Это в полной мере является последовательным продолжением развития теории функциональных систем П.К. Анохина об опережающем акцепторе действия [16; 17; 18].

Завершающим звеном обоснований разработки метода динамического моделирования является построение признаков семантических пространств, с введенной в них единой мерой сопоставления в долях сигмального отклонения сравниваемых характеристик. В этих пространствах рассматриваются сопоставляемые взаимообусловленные процессы и переход к отражению не наблюдаемых численных характеристик, а их отношений и установления закономерностей постоянства их встречаемости. Метод динамического моделирования, который является отражением эффекта опережающего акцептора действия и его использования в практике анализа процессов утомления и восстановления, может быть использован в организации учебно-тренировочного процесса спортсменов высокой квалификации. При этом, необходимо более детально представить смысловое содержания всех компонентов в протекании утомления и восстановления, а также их взаимообусловленности.

Изложенное выше определило цель исследования: установить определяющие факторы

развития утомления и особенности протекания восстановительных процессов в различные периоды физического развития спортсменов, с учетом особенностей протекания их биологического возраста.

Материалы и методы исследования. Материалами исследования явились сведения научно-методической литературы, посвященные изучению проблемы утомления на различных уровнях морфофункциональной организации организма и особенностей протекания восстановительных процессов на различных этапах биологической зрелости. Методы: анализ научно-методической литературы; метод аналогий; метод динамического моделирования.

Результаты исследования и их обсуждение. В наиболее общей форме «утомление» можно представить, как защитный адаптационный механизм регуляции взаимодействия организма с окружающей средой пребывания. Однако такое определение не охватывает полноту этого процесса и оставляет без внимания такой составляющий компонент как усталость. Часто она выступает как синоним понятия утомление. Неполноту содержания этих понятий определяет неточность лингвистической переменной. L. A. Zadeh (2015), объясняет это ограниченностью возможностей вербального восприятия информации определенной сложности. В данном случае речь идет о необходимости разделения периодичности протекания снижения эффективности активности процесса согласованности механизмов осуществляющих работу и обеспечивающих ее протекание, как в процессе непосредственного времени ее выполнения, так и в период восстановления после ее прекращения. Этот периодически протекающий динамический процесс характеризуется как обратимое временное снижение работоспособности, отражающего содержание понятия утомление. Понятие усталость отражает общий уровень потенциальной энергии, на фоне которой происходит отмеченный динамический процесс, который в ряде случаев характеризуется как долгосрочный или статический потенциал. Его снижение определяется как накапливающаяся усталость. В теории обратимости именно этот компонент снижения работоспособности остается наиболее неизученным.

Наиболее широкое представление, используемое в научной литературе, характеризует процесс утомления как временное снижение работоспособности является только частью целостного отражения процесса работоспособности не учитывающее основные эффекты динамического процесса обратимости. Данное определение указывает только на характер проявления этого физиологического процесса, не отражая процессы, которые обеспечивают обратимость уровня исходной работоспособности. В процессе целенаправленного тренировочного воздействия этот процесс протекает у каждого индивида различно, в зависимости от его текущего состояния, возраста и специфики переносимости определенного вида физических нагрузок.

В настоящее время достаточно полно изучены механизмы биохимических процессов, связанных с изменениями в организме, которые возникают при различных режимах физических нагрузок. Установлены продукты метаболизма, которые нарушают постоянство внутренней среды до уровня, который не позволяет дальнейшую переносимость выполняемой работы. При этом защитная реакция организма проявляется в снижении работоспособности либо полном ее прекращении.

В классификации причин, вызывающих снижение работоспособности, на первом месте выделяют недостаточность поступления в организм кислорода при выполнении работы максимальной интенсивности. Накопление углекислого газа до

критической величины вызывает защитную реакцию, выраженную в прекращении работы данной интенсивности. Эта причина характеризуется как «удушение».

Снижение интенсивности работы до «субмаксимальной» не вызывает удушья, но определяющим фактором, вызывающим утомление в этом режиме выполнения физической нагрузки, выступают продукты метаболизма. Их накопление является основной причиной потери работоспособности. Эта причина характеризуется как «засорение».

Работа умеренной интенсивности может продолжаться до полного истощения энергетических субстратов не вызывая удушья и засорения продуктами метаболизма. Определяющей причиной снижения или полного прекращения работы является «истощение» энергетического потенциала.

Следующая форма утомления возникает от монотонной работы, при которой ни один из предыдущих факторов не выступает причиной, которая вызывает утомление. Этот фактор характеризуется как эффект центрального утомления или в ряде случаев он определяется как интеллектуальная усталость.

В действительности все четыре фактора нераздельно взаимодействуют при выполнении работы любой интенсивности. В таком случае, можно говорить о долевого значимости каждого из факторов, в зависимости от интенсивности выполняемой работы. Выделение четырех видов интенсивности является условным разделением и не имеющего четких границ их разграничения. Единственным объективно измеряемым показателем развития утомления в зависимости от интенсивности выполняемой работы выступает продолжительность ее выполнения. Эта характеристика отражает отношение объема выполненной работы за определенный промежуток времени. Такая зависимость сохраняется в любом состоянии. Это важное положение оказывается единственным объективно контролируемым показателем обратимости исходной работоспособности до прежнего уровня. Время протекания восстановительных процессов до полной обратимости утраченного потенциала составляет намного больший промежуток, чем расход этого потенциала. Однако эти параметры не раскрывают самого содержания протекания процесса восстановления.

Остается неизвестным, в какой степени, полное восстановление прежней работоспособности является отражением полной обратимости исходного состояния. Возможно, что в течение процессов взаимообусловленных отношений, которые протекают совместно, происходит определенная вариативность их долевого значения в обеспечении достижения необходимого конечного эквивалентного результата, по величине утраченного потенциала. При этом происходит формирование определенного динамического стереотипа – повторяющегося процесса, который при систематическом воспроизведении определяет долевого значимость постоянства встречаемости определенных компонентов, которые составляют статически закрепленное и обязательное присутствие вариативности в порядке взаимообусловленного совместного участия остальных компонентов, которые обеспечивают адаптивную оперативную реакцию на соответствующее изменение условий среды пребывания и характеризуются как универсальная составляющая адаптивного процесса. В этой среде происходит обратимость исходного состояния. Таким образом, при возвращении к исходному уровню работоспособности не соблюдается строгое повторение пути обратимости.

Четкое представление этого процесса в словесной форме практически невозможно, в силу высокой толерантности лингвистической переменной. Это приводит к

необходимости использования более сложных методов отражения, анализа и представления информации. В качестве такого метода могут быть использованы признаковые семантические пространства представления отношений взаимодействующих процессов. В этом случае значимость каждого из них должна быть выражена в безразмерных величинах, которые отражают их доленое участие в получении конечного эквивиального результата. Такое представление эмпирического материала в свою очередь приводит к аналитическому описанию тех процессов, которые отражают явление обратимости к исходному потенциальному уровню системы после его восстановления, но при этом возможна определенная структурная реорганизация, дающая эквивиальный конечный энергетический потенциал.

Так, на фоне статического напряжения наблюдается оперативная пульсация, которая отражается в состоянии долгосрочной ответной реакции, что реализует основную энергетическую нагрузку развивающую утомление. Следовательно, адаптация является непрерывно протекающим процессом, который направлен на сохранение самоорганизующейся системы в равновесном состоянии со средой своего пребывания. Сохранение равновесия непосредственно связано с понятием устойчивости или согласованности. В ряде случаев используется понятие синхронизации взаимодействия объекта и среды его пребывания. Следовательно, необходимо различать содержание понятия согласованности внутрисистемных отношений между взаимно обусловленными образованиями «автономной» системы (ее органами или системами органов) и согласованность порядка внешней и внутренней сред, что определяется принципом, единства объекта и среды его пребывания.

На каждом возрастном этапе существуют различия в энерго- массообмене процессов адаптации, которые обеспечивают жизнеспособность «целостной» системы. Согласно конвенционной концепции А. Пуанкаре следует, что для «автономных» систем на любом уровне протекания процесса самоорганизации наблюдаются одинаковые законы его проявления.

Индивидуальное развитие организма (онтогенез) имеет ряд периодов, для которых характерно присутствие адекватного им динамического стереотипа механизма адаптации. Он обеспечивает управление процессом сохранения равновесного состояния формирующихся морфофункциональных преобразований в соответствующей окружающей среде.

Строго обоснованной теории деления процесса развития на стадии не существует. Однако, если в основу этой структуризации положить особенности формирования динамического стереотипа механизма адаптации к изменяющейся среде пребывания, то можно выделить семь таких периодов: два внутриутробные; младенческий; два в период созревания; зрелость; увядание. О наличии семи периодах жизни известно из трудов Гиппократов. В последующее время появлялись неоднократные устремления обосновать это утверждение [19; 20]. Можно исходить из обоснования семи ранговой классификации адаптационной приспособляемости к специфическим условиям образовательной среды. В этом случае также прослеживаются семь рангов, характерной особенностью которых является изменение механизма адаптационного приспособления, в обеспечении процессов обратимости утраченного энергетического потенциала уходящего на сохранение равновесного состояния со средой пребывания [21; 22; 23]. Во внутриутробном периоде обратимость обеспечивается внутренней средой организма матери. В младенческий

период происходит переход и окончательное формирование собственных способностей управления механизмом адапционной регуляции обратимых процессов [24; 25]. Происходит совершенствование механизма наблюдаемости за процессом регулирования синхронизации во внутренней среде организма и взаимообусловленных отношений его морфофункциональных образований. Это достигается более высокой дифференциацией контроля за перераспределением энерго-массообмена и увеличения уровня интенсивности активности [26; 27].

Организм является открытой системой, представляющей проточный хемостат, поэтому возможности обратимости расходного потенциала имеют предел [28; 29]. На седьмом ранге своего развития обратимость осуществляется за счет энергии компонентов, которые крайне редко встречаются в структуре арсенала ответных реакций по режиму их активности. На основании принципа наименьшего действия этот резервный потенциал перераспределяется для усиления тех структурно-функциональных компонентов, которые являются более востребованными для сохранения равновесного состояния со средой его пребывания. Это приводит к сужению универсальности оперативного адаптивного поведения и увеличению узконаправленной профессионализации своего адаптивного поведения [30; 31; 32; 33; 34].

Протекание процесса снижения общего жизненного потенциала можно представить с помощью метода динамического моделирования посредством использования установленных анатомических описаний механизмов построения взаимообусловленных отношений морфофункциональных систем в их динамике. Общая картина такого явления представляет пульсирующее сжатие, диапазона универсального поведения амплитуд специализированного поведения. Это явление приводит к тому, что возможные ранее вариации рангового изменения долевой активности элементов ряда, который обеспечивает адекватную ответную адаптивную реакцию динамического стереотипа, не могут быть выполнены либо выполняются со значительным нарушением [35; 36; 37]. Универсальность поведения нарушена, что проявляется в развивающихся патологиях и соответствующих им нозологиях.

Полная аналогия наблюдается относительно амплитуд (силы выраженности) специализированного поведения [38; 39; 40; 41; 42]. В естественных условиях процесс обратимости исходной работоспособности осуществляется в двух состояниях. В активном бодрствующем состоянии при «высоком» эмоциональном напряжении за счет увеличения потенциала вариативности более слабых элементов, ранжированного их распределения. Это приводит к увеличению универсальности адаптивного поведения. При этом наблюдается большой расход энергетического потенциала. Во втором случае процессы обратимости активизируются во время глубокого сна. В условиях максимального снижения активности общей деятельности и увеличения участия слабых компонентов в организации универсального адаптивного поведения. В этом случае осуществляется доступное восстановление энергетического потенциала и синхронизация взаимообусловленных совместных отношений, за счет

увеличения диапазона универсального адаптивного поведения. [43; 44; 45] Естественный педагогический эксперимент, в качестве которого рассматривается спорт высоких достижений, в котором осуществляется естественный отбор тех, кто наиболее приспособлен к соответствующей образовательной среде, определяющей специфичность условий профессиональной спортивной деятельности. Результаты этого процесса четко выражены в профессиональных заболеваниях, наблюдаемых в

каждом виде спорта. «Омоложение» спорта больших достижений привело к соответствующему «омоложению» профессиональных заболеваний, которые наблюдаются в достаточно молодом возрасте [46; 47]. К сожалению, спортсмен покинувший большой спорт, остается в подавляющем большинстве случаев вне поля интересов общества и предоставлен к произволу индивидуальной борьбы за выживание. Выводы. Процесс обратимости исходной работоспособности

организма практически состоит из двух составляющих: синхронизации взаимообусловленных функциональных образований в целостном организме и восстановлении общего энергопотенциала, который определяет уровень жизнеспособности организма.

На различных этапах возрастного развития организма восстановление общего энергетического потенциала имеет специфические особенности своего обеспечения. В целом они могут быть разделены на семь этапов, но четкой границы их деления не существует.

Индивидуальная специфика протекания биологического созревания, которая определяет биологический возраст индивида, определяет необходимость строго соблюдения критериев доступности физической нагрузки на организм и доступного времени вовлечения детей к ранней спортивной специализации, что приводит к раннему проявлению конституциональной нозологии спортсменов высокой квалификации.

Сложность решения обратимости долгосрочного энергопотенциала определяет возможность решения задачи полной обратимости морфофункциональных структур организма, однако нет таких теоретических обоснований невозможности этого процесса, что является последующей задачей проводимых исследований в общей теории обратимости функциональных возможностей организма.

Перспективы дальнейших исследований. В последующих научных разработках будут представлены возможности использования динамического моделирования в решении вопросов общетеоретических основ обратимости долгосрочного энергопотенциала в протекаемой функциональной деятельности организма, касающегося накопления процесса его усталости.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Бодров, В. А. (2010), «Развитие учения о профессиональном утомлении человека. Часть I. Категория «утомление» в системе представлений о функциональном состоянии и деятельности человека», Психологический журнал, Том 31, 3, С. 46–57.
2. Бодров, В. А. (2010), «Развитие учения о профессиональном утомлении человека. Часть II. Теоретические положения проблемы утомления», Психологический журнал, Том 32, 2, С. 83–93.
3. Єфременко, А. М. (2014), «Вплив комплексу засобів відновлення працездатності на оперативний і поточний функціональний стан спринтерів», Молода спортивна наука України, 1, С. 67–72.
4. Єфременко, А. М. (2015), «Комплексний підхід до питання відновлення працездатності спринтерів», Молода спортивна наука України, 1 (19), С. 82–86.
5. Розенблат, В. В. (1975), Проблемы утомления, Москва: Медицина.
6. Анохин, П. К. (1984), «Идеи и факты в разработке теории функциональных систем», Психологический журнал, Т 5, 2, С. 18–31.
7. Bertalanffy, L. (1968), General System Theory. Foundations, Development, Applications, New York: George Braziller.

8. Zadeh, L. A. (2015), «Fuzzy logic – a personal perspective», *Fussy Sets and Systems*, 281, 4–20.
9. Пригожин И., Стенгерс И. (2005), *Порядок из хаоса*, Москва.
10. Хакен, Г. (2003), *Синергетика как мост между естественными и социальными науками*, Москва: Прогресс-Традиция.
11. Висоцька, О. В., Друзь, В. А., Доброродня, Г. С., и Довнар, О. И. (2018), «Автоматизація визначення спрямованості порушень фізичного розвитку», *Інформаційні технології в медицині та біології*, С. 100–107.
12. Barnett, A. (2006), «Using recovery modalities between training sessions in elite athletes», *Does it help? Sports Medicine* 36(9), pp. 781–796.
13. Друзь, В. А., Омельченко, М. В., и Омельченко, Д. А. (2015), «Основы техники спринтерского бега», *Слобожанський науково-спортивний вісник*, 3(47), С. 41–45.
14. Ефременко, А. Н. и др. (2017), «Использование современных технических достижений для разработки новых методов исследования адаптационных процессов с целью совершенствования технологий подготовки спортсменов высокой квалификации», *Актуальные научные исследования в современном мире. Переяслав-Хмельницкий*, 12-5(32), С. 45–53.
15. Fell, J., Reabum, P., & Harrison, G. J. (2008), «Altered perception and report of fatigue and recovery in veteran athletes», *J Sports Med Phys Fitness*, 48, pp. 272–277.
16. Баканова, А. Ф., Друзь В. А., и Пугач, Я. И. (2016), «Общие принципы построения процесса развития самоорганизующихся систем», *Гуманітарний часопис*, 2, С. 82–88.
17. Пугач, Я. И. (2013), «Основные положения построения семантических пространств для упорядоченного представления результатов исследований», *Материалы за IX Международную научно-практическую конференцию «Бъдещето въпроси от света та науката – 2013»*, Т.39, *Физкультура и спорт*. София: Бял Град - БГ, С. 5–14.
10. Seiler, S., Haugen, O., & Kuffel, E. (2007), «Autonomic recovery after exercise in trained athletes: intensity and duration effects», *Med. Sci. Sports Exerc*, 39, pp. 1366–1373.
11. Hutcheon, L., & O'Flynn, S. (2013), *A Theory of Adaptation*, London: Routledge.
12. Khadartsev, A. A., Nesmeyanov, A. A., Eskov, V. M., Filatov, M. A., & Pab, W. (2017), «Foundamentals of chaos and self-organization theory in sports», *Integrative medicine international*, 4, pp. 57–65.
13. Halson, S. L. (2014), «Monitoring training load to understand fatigue in athletes», *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 44 Suppl 2 (Suppl 2), pp. 139–147.
14. Hanin, Y. L. (2002), «Individually optimal recovery in sports: an application of the IZOF model», *Preventing Underperformance in Athletes*. Champaign, IL: Human Kinetics, pp. 199–217.
23. Hanin, J., & Hanina, M. (2009), «Optimization of performance in top-level athletes: An Action-Focused Coping. Authors' Response to the commentaries», *International Journal of Sport Sciences & Coaching*. 4(1), pp. 83–91.
24. Davids, K., Glazier, P., Araujo, D. et al. (2003), «Movement Systems as Dynamical Systems», *Sports Med* 33, p. 245.
25. Hirata, K. (1968), *The evaluating method of physique and physical fitness and its practical application*.
26. Teixeira, P. J., Carra9a, E. V., Markland, D., et al. (2012), «Exercise, physical activity, and self-determination theory: A systematic review», *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 9, p. 78.
27. Torrents, C., & Balague, N. (2006), «Dynamic systems theory and sports

- training», *Education. Physical Training. Sport*, 1(60), pp. 72–83.
28. Wiewelhove, T., Raeder, C., Meyer, T., et al. (2015), «Markers for Routine Assessment of Fatigue and Recovery in Male and Female Team Sport Athletes during High-Intensity Interval Training», *PLOS ONE* 10(10): e0139801.
29. Wilson, M., O'Hanlon, R., Prasad, S., et al. (2011), «Diverse patterns of myocardial fibrosis in lifelong, veteran endurance athletes», *Journal of applied physiology*, 110(6), pp. 1622–1626.
30. Lebed, F., & Bar-Eli, M. (2013), *Complexity and Control in Team Sports*, London: Routledge.
31. Lindsay, M. M., & Dunn, F. G. (2007), «Biochemical evidence of myocardial fibrosis in veteran endurance athletes», *British journal of sports medicine*, 41(7), pp. 447–452.
32. Ritter, K. J., Matthews, R. A., Ford, M. T., & Henderson, A. A. (2016), «Understanding role stressors and job satisfaction over time using adaptation theory», *J. Appl. Psychol*, 101(12), pp. 1655–1669.
33. Salmon, P. (2001), «Effects of physical exercise on anxiety, depression, and sensitivity to stress: A unifying theory», *Clin Psychol Rev*, 21, pp. 33–61.
34. Levine, H., Rappel, W.-J., & Cohen I. (2000), «Self-organization in systems of self-propelled particles», *Phys. Rev. E Stat. Nonlin. Soft Matter Phys*, 63, pp. 17–101.
35. Mueller, M. J., & Maluf, K. S. (2002), «Tissue Adaptation to Physical Stress: A Proposed «Physical Stress Theory» to Guide Physical Therapist Practice. Education, and Research», *Physical Therapy*, 82, Issue 4, April, pp. 383–403.
36. Parunak, H. V. D., & Brueckner, S. (2001), «Entropy and self-organization in multi-agent systems», In: *Proceedings of the Fifth International Conference on Autonomous Agents*, pp. 124–130.
37. Брейтман, М. Я. (1949), *Клиническая семиотика и дифференциальная диагностика эндокринных заболеваний*, Ленинград: Медгиз.
38. Balague, N., Torrents, C., Hristovski, R., Davids, K., & Araujo, D. (2013), «Overview of complex systems in sport», *J Syst Sei Complex*, 26, pp. 4–13.
39. Hoffman, J., Mohri, M., & Zhang, N. (2018), «Algorithms and Theory for Multiple-Source Adaptation», *CoRR* 805.08727.
40. Taylor, J. & Ogilvie, B. C. (1994), «A conceptual model of adaptation to retirement among athletes», *Journal of Applied Sport Psychology*, 6(1), pp. 1–20.
41. Budgett, L. (1998). *Fatigue and underperformance in athletes: the overtraining syndrome*. *British journal of sports medicine*, 32(2), pp. 107–10.
42. Druz, V. et al. (2016), «Kinematic characteristics of a sprinting technique and morph functional structures of its providing», *Journal of Education, Health and sport*, 6(II), pp. 271–280.
15. Hristovski, R., Balague Serre, N., & Schollhom, W. (2014), «Basic notions in the science of complex systems and nonlinear dynamics», *Complex Systems in Sport*. London, UK: Routledge, pp. 3–17.
16. Kraemer, W. J., Duncan, N. D., & Volek, J. S. (1998), «Resistance training and elite athletes: adaptations and program considerations», *J Orthop Sports Phys Ther*, 28, pp. 110–119.
17. Seifert, L., Button, C. & Davids, K. (2013), «Key Properties of Expert Movement Systems in Sport», *Sports Med*, 43, p. 167.
46. Sheldon, W. H., Lewis, N. D. C., Tenney, A. (1969), *Psychotic patterns and physical constitution*, PJD Publications, Hicksville, N.Y.

47. Yefremenko, A. (2018), «Methods for determining the biological age of different children», Journal of Physical Education and Sport (JPESj 18(Supplement issue 4), Art 270, 1845–1849.